

Chemizm wód występujących w utworach oligoceńskich w rejonie Warszawy

Aleksandra Macioszczyk*, Zenobiusz Płochniewski**

Przedstawiona wielokrotnie w literaturze charakterystyka chemizmu wód podziemnych z utworów oligoceńskich oraz wzbogacenie zbioru informacji nowymi danymi, upoważnia nas do dokonania pewnych podsumowań z równoczesnym rozpatrzeniem kilku istotnych problemów hydrogeochemicznych, rozwiązanie których w konsekwencji prowadzi do sformułowania praktycznych wniosków dotyczących eksploatowanych wód. Obok omówienia chemizmu wód, jego zróżnicowania przestrzennego i czasowego, zajmiemy się problemem genezy mineralizacji wód oraz ich związku z innymi poziomami wodonośnymi. Ocenimy też trwałość składu chemicznego wód w utworach oligoceńskich podczas ich eksploatacji oraz przedstawimy pewne uwagi dotyczące niektórych problemów związanych z eksploatacją wód z utworów oligoceńskich.

Poglądy dotyczące genezy chemizmu wód w utworach oligoceńskich

Geneza wód poziomu oligoceńskiego niecki mazowieckiej, różnie, często kontrowersyjnie, ujmowana przez poszczególnych badaczy, ma istotne znaczenie przy prognozach zmian hydrochemicznych zachodzących podczas eksploatacji wód.

Pierwszym opracowaniem, aktualnym w niektórych kwestiach jeszcze dziś, jest praca Lewińskiego z 1921 r. wiążąca zasolenie omawianych wód rejonu Warszawy z ascencją wód z utworów kredowych. Współpracujący z Lewińskim i uczestniczący w pracach nad zaopatrzeniem w wodę Warszawy, Samsonowicz nie w pełni zgadzał się z poglądami wymienionego autora. W kolejnych pracach (Samsonowicz, 1928a, b, 1942) wskazuje on, że zmineralizowane wody pochodzą ze starszych niż kredowe formacji i że w niecce mazowieckiej (której to jednostce hydrogeologicznej właśnie Samsonowicz nadał nazwę) mamy do czynienia w znacznym stopniu z horyzontalnym przepływem silnie zmineralizowanych wód od strony wału środkowopolskiego.

Na wglębną genezę zasolenia wód w utworach oligoceńskich, pochodzącego z utworów triasowych i permskich, wskazuje też Rychłowski (1939) — nie rozwijając zresztą sugerowanego poglądu.

Inne poglądy dotyczące chemizmu wód z utworów trzeciorzędowych przedstawia w swej pracy Kirkor (1938). Lansuje on pogląd o syngenetycznym zasoleniu wód wywołanym procesami wietrzenia zachodzącymi w warstwie wodonośnej. Hipoteza ta ma obecnie znaczenie wyłącznie historyczne.

Oryginalny pogląd, dotyczący genezy chemizmu wód poziomu oligoceńskiego, przedstawiał w 1960 r. Olendski. Według cytowanego autora zasolenie wód związane jest z relikami morza oligoceńskiego zachowanymi w lepiej izo-

lowanych strefach. Jednoznacznie autor ten wskazuje na głównie lateralne krążenie wód w obrębie niecki (1961).

Podsumowaniem kontrowersyjnych poglądów dotyczących genezy omawianych wód jest opracowanie Macioszczykowej (1979), w którym autorka przedstawia własną koncepcję nawiązującą do niektórych wcześniejszych poglądów. Udawadnia Ona między innymi, że zasolenie wód z utworów oligoceńskich niewątpliwie jest wywołane ascenzyjnym dopływem wód z większych głębokości, z podłoża mezozoicznego niecki mazowieckiej.

Zauważmy, że intensywne eksploatacja wód podziemnych zbiornika o ograniczonych zasobach, jakim jest niecka mazowiecka, w przypadku przyjęcia konkretnej hipotezy dotyczącej pochodzenia chemizmu wód, stwarza inny typ zagrożeń jakości wód. Stąd rozpoznanie genezy chemizmu wód ma podstawowy aspekt praktyczny.

Rozpatrując poglądy wymienionych autorów, dotyczące genezy chemizmu wód niecki mazowieckiej, jako podstawę ich weryfikacji musimy przyjąć wyniki najnowszych badań izotopowych dotyczących wieku i genezy wód z utworów oligoceńskich niecki mazowieckiej oraz systemu zasilania i krążenia wód w obrębie tej jednostki. To ostatnie zagadnienie jest przedstawione w pracach Macioszczyka (1980, 1986, 1996).

Interpretując wyniki badań izotopowych, Dowgiałło i Nowicki (1988) wskazują na poligenetyczny charakter mineralizacji wód w niecce mazowieckiej. Wyniki badania uranu sugerują możliwość dopływu wód z utworów triasowych, natomiast interpretacja izotopów tlenu i wodoru oraz chloru pozwala udowodnić obecność w utworach oligoceńskich wód różnego wieku: holocenijskich, glacialnych i interglacialnych.

Wybrane problemy dotyczące rozwoju paleogeograficznego niecki mazowieckiej

Nie wnikając w całokształt warunków hydrogeologicznych i genezę utworów oligoceńskich, utworów podścielających je i przykrywających, jak też rozwój paleogeograficzny jednostki, które to zagadnienia znane są z literatury (Macioszczykowa, 1979), przypominamy jedynie te fakty, które mają istotne znaczenie dla przedstawianych dalej rozważań hydrogeochemicznych.

Podłoże niecki mazowieckiej tworzą zdiagenezowane utwory mezozoiczne warszawskiego odcinka synklinorium brzeżnego (tzw. synklinorium warszawskiego). Istnieją

Tab. 1. Zmiany mineralizacji wód wraz z głębokością. Gradient mineralizacji (g/dm³/100 m)

Strefa badań	Wartości gradientu mineralizacji		
	minimalne	średnie	maksymalne
Niecka warszawska	1,24	4,50	5,24
Rejon Płońska	4,76	5,24	5,57
Niecka lubelska	0,04	1,99	3,93
Otwory nad strukturami solnymi	4,11	4,95	6,02

*Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa

**Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

przesłanki wskazujące na słabą aktywność tektoniczną w trzeciorzędzie i czwartorzędzie tej jednostki. Stwierdzono też wyraźny wpływ warunków strukturalnych podłoża niecki mazowieckiej, istnienia struktur halokinetycznych w obrębie mezozoiku lub stref silnie zaangażowanych tektonicznie na wielkość gradientów mineralizacji (tab. 1) oraz na dopływy ascenzyjne zasolonych wód do niecki mazowieckiej (Macioszczykowa, 1979).

Przed wkroczeniem morza oligoceńskiego, interesujący nas obszar przez około 20 mln lat był lądem, na którym nastąpiło głęboko sięgające wystąpienie wód. Transgresja oligoceńskiego morza pozostawiła po sobie osady drobnych piasków zwykle zailonych i mułków. Po ustąpieniu morza znów nastąpił kilka milionów lat trwający okres działania niszczącej osady denudacji oraz przemywania osadów i wysładzania wód. Najprawdopodobniej całość osadów oligoceńskich przed mioceniem została już przemyta i pozbawiona wód syndementacyjnych (Macioszczykowa, 1979).

Na urozmaiconej morfologicznie powierzchni przemytych utworów oligoceńskich sedymentują lądowe osady miocenu. Są to mułki, piaski, iły z dużą domieszką substancji organicznej — niekiedy tworzące odrębne warstwy, które w procesach diagenety przechodzą w węgle brunatne. Procesy uwęglania substancji roślinnej, zachodzące niemal od momentu sedymentacji do dziś, dostarczają do wód podziemnych wiele rozpuszczalnych substancji organicznych barwiących wody. Substancje te są rozcieńczane i rozprzeczane przez wody podziemne.

Na kształtowanie się chemizmu wód oligoceńskich niewątpliwie wpływ miały również późniejsze zjawiska geologiczne np. procesy neotektoniczne, glaciostaticzne odprężenia udrażniające struktury tektoniczne dla krążenia wód. Problematyka ta nie zostanie jednak przedstawiona ze względu na objętość referatu.

Reasumując przedstawione wyżej poglądy na temat genezy chemizmu wód w utworach oligoceńskich i fakty dotyczące rozwoju paleogeograficznego jednostki oraz uwzględniając wnioski z najnowszych badań modelowych (Macioszczyk, 1996) i badań izotopowych (Dowgiałło & Nowicki, 1988), można uznać za poprawne poglądy prezentowane przez Macioszczykową (1979). Poglądy te wskazują, że chemizm wód oligoceńskich rejonu Warszawy jest wynikiem współdziałania wielu procesów: głównie infiltracji zachodzącej zresztą bardzo powoli (jak wykazały badania izotopowe w skali wieku geologicznego), niewielkiego aczkolwiek wyraźnie wymiernego udziału ascenzy wód z większych głębokości (jak się wydaje w znacznym stopniu obok adwekcji typu dyfuzyjnego) rejestrowanej zwiększonym udziałem chlorków. Zarówno infiltracja, jak i ascenzyja, wykazują wyraźnie regionalnie zróżnicowane natężenie. Długotrwałe współdziałanie wód ze środowiskiem skalnym wzbogaca też wody przebywające w utworach oligo-

ceńskich w szereg składników, co obserwujemy głównie jako wynik wymiany jonowej i lęgowania ośrodka skalnego, efektem czego jest dominacja jonów Na^+ nad Ca^{2+} .

Charakterystyka chemizmu wód

Wody występujące w utworach oligocenu w rejonie Warszawy należą do tzw. wód zwykłych (słodkich), tj. do wód o mineralizacji do 1000 mg/dm^3 . Ogólna mineralizacja omawianych wód wynosi ok. $400\text{--}900 \text{ mg/dm}^3$. W ich składzie chemicznym dominują jony HCO_3^- i Na^+ , które występują najczęściej w ilości ok. 60% mvali każdy. Stężenia jonów Na^+ i Cl^- są skorelowane ze stopniem mineralizacji wody — szczególnie ściśle przy mineralizacji przekraczającej 500 mg/dm^3 . Jonami głównymi (o stężeniach przekraczających 20% mval) mogą być również kationy Ca^{2+} i niekiedy Mg^{2+} .

Za główny typ chemiczny omawianych wód należy więc uznać HCO_3-Na , a rzadziej spotykane są typy: $\text{HCO}_3-\text{Na}-\text{Ca}$, $\text{HCO}_3-\text{Ca}-\text{Na}$, $\text{HCO}_3-\text{Cl}-\text{Na}$. Do rzadkości należą inne, pokrewne typy chemiczne, a dotychczas nie stwierdzono wód z udziałem jonu SO_4^{2-} w ilości ponad 20% mvali (tab. 2). Podkreślić należy powszechność typu HCO_3-Na , rzadko spotykanego w innych poziomach.

Ze względu na ograniczoną objętość referatu niżej omawia się pokrótce występowanie tylko kilku najważniejszych wskaźników jakości wód z utworów oligocenu oraz ich zróżnicowanie przestrzenne. Istotne znaczenie ma zawartość chlorków (Cl^-), zarówno ze względu na wymagania sanitarne (do 300 mg/dm^3), jak i związku z pochodzeniem wód. Na terenie Warszawy zawartość chlorków wynosi od kilku do 140 mg/dm^3 , ale w rejonach na zachód od Warszawy (rejon Sochaczew-Teresin) do ponad 300 (tab. 3), a nawet około 500 mg/dm^3 . Zróżnicowanie przestrzenne zawartości chlorków było analizowane w kilku pracach (Samsonowicz, 1942; Jarzabek, 1961; Chrzanowski i in., 1972; Łodziński, 1973, 1974; Macioszczykowa, 1979; Kazimierski i in., 1995). Wszystkie te prace wykazują duże zróżnicowanie stężeń chlorków w granicach samej Warszawy, a jeszcze większe w obrębie całej niecki mazowieckiej. We wschodniej części miasta, z wyjątkiem północnej części Pragi, chlorki występują w ilości kilkudziesięciu mg/dm^3 , a na wschód od Warszawy, tj. w rejonie Drewnicy, Zielonki, Wołomina i Otwocka — w ilości od kilku do 20 mg/dm^3 .

Strefa wód o niskich stężeniach Cl^- , rzędu $30\text{--}40 \text{ mg/dm}^3$ występuje również po zachodniej stronie Wisły na odcinku od Augustówki ($30\text{--}33 \text{ mg Cl/dm}^3$) do wysokości rejonu Otwocka.

Środkowa i zachodnia część Warszawy charakteryzuje się występowaniem wód o stężeniu chlorków rzędu $100\text{--}140 \text{ mg/dm}^3$, natomiast w rejonie między Grodziskiem, Podkową Leśną i Piasecznem są to zawartości niższe, sięga-

Tab. 2. Chemizm wód w utworach trzeciorzędowych w centralnej części niecki mazowieckiej

Rejon	Stratygrafia utworów wodonośnych							
	miocen			oligocen				
Warszawy	M ³¹⁷⁻³⁵¹⁻⁴²⁸	HCO_3 ⁶³⁻⁷⁹⁻⁹² (Na+K) ²⁸⁻⁵³⁻⁶²	Cl ⁷⁻¹⁸⁻³⁷ Ca ²⁰⁻³⁵⁻⁴⁵	SO_4 ⁰⁻³⁻⁵ Mg ¹²⁻²²⁻²⁷	M ³²⁷⁻⁵¹²⁻⁶³⁰	HCO_3 ⁴⁷⁻⁶⁴⁻⁹³ (Na+K) ⁴³⁻⁶²⁻⁷¹	Cl ⁵⁻³²⁻⁴⁸ Ca ¹⁷⁻²⁴⁻⁵⁶	SO_4 ⁰⁻⁴⁻¹² Mg ⁵⁻¹⁴⁻²⁹
Pruszkowa, Grodziska Mazowieckiego	M ³¹²⁻⁶⁵⁰⁻⁸⁵⁷	HCO_3 ⁶⁴⁻⁷⁶⁻⁹⁵ (Na+K) ³⁰⁻⁴⁷⁻⁶³	Cl ⁴⁻¹⁹⁻³³ Ca ²¹⁻³²⁻⁴³	SO_4 ¹⁻⁵⁻¹¹ Mg ¹⁶⁻²¹⁻²⁷	M ²⁷⁸⁻³⁶⁶⁻⁴⁵⁴	HCO_3 ³⁸⁻⁶⁷⁻⁹¹ (Na+K) ³⁵⁻⁶⁶⁻⁷³	Cl ⁰⁻²⁸⁻⁶² Ca ¹⁶⁻³³⁻⁴⁴	SO_4 ⁰⁻⁵⁻¹¹ Mg ⁹⁻¹⁷⁻²⁵
Płońska	M ²⁷¹⁻³⁷³⁻⁵²⁹	HCO_3 ⁵⁹⁻⁷⁹⁻⁹² Ca ²⁷⁻⁴⁸⁻⁶⁶	Cl ³⁻¹⁴⁻³⁰ (Na+K) ¹⁷⁻⁴⁰⁻⁷³	SO_4 ⁰⁻⁷⁻²⁴ Mg ⁰⁻¹²⁻²⁰	M ³⁶⁶⁻⁶⁵⁵⁻¹⁶⁰⁹	HCO_3 ²⁸⁻⁶²⁻⁷⁵ (Na+K) ⁴⁸⁻⁵⁷⁻⁷¹	Cl ²⁵⁻³⁸⁻⁷² Ca ¹⁷⁻²⁶⁻³²	SO_4 ⁰⁻⁵⁻¹¹ Mg ¹⁰⁻¹⁷⁻²⁴

Tab. 3. Zmienność w czasie stężeń jonu Cl^- w rejonie i na terenie Warszawy

Lokalizacja studni	Rok badania	Zawartość Cl^- mg/dm^3
Warszawa ul. Rakowiecka 4, PIG	1966–1970	96–100
	1991	110
	1992	107
	1993	108
	1994	110
	1995	103
Konstancin	1968	114
	1992	104
	1993	107
	1994	106
Otwock, sanatorium MON	1968–1970	4–6
	1992	4,6
	1993	21,9
	1994	6,5
Teresin (między Błoniem a Sochaczewem)	1967–1970	310–320
Warszawa – Augustówka, elektrociepłownia	1967–1970	30–33

jące 50–100 mg/dm^3 . Na W i NW od Warszawy chlorki występują w stężeniach, nawet przekraczających 300 mg/dm^3 .

Z literatury oraz podanych informacji wynika, że obszar największych stężeń chlorków tworzy pas, który na południe od Warszawy biegnie po zachodniej stronie Wisły, w Warszawie obejmuje również tereny przyległe do Wisły po stronie wschodniej, w tym Tarchomin. Na wysokości Warszawy rozszerza się w kierunku NW.

Jony HCO_3^- dominują w omawianych wodach, zarówno wagowo (250–430 mg/dm^3), jak i udziałem wśród głównych anionów.

Trzeci główny anion, siarczany, pojawiają się w omawianych wodach w znikomych ilościach — zwykle rzędu 0,5–25 mg/dm^3 (tab. 2).

Wśród kationów przeważa sód, który występuje w stężeniach rzędu 28–140 mg/dm^3 , a stwierdzone zawartości wapnia wynoszą 30–75 mg/dm^3 . Tak wysokie stężenia sodu, przy dominacji jonów HCO_3^- nadają wodom oligoceńskim rzadko spotykany w niskozmineralizowanych wodach typ hydrochemiczny HCO_3^- -Na. Względnie wysoka zawartość sodu w stosunku do chlorków, najprawdopodobniej jest związana z desorpcją sodu z minerałów ilastych stanowiących domieszkę piasków oligoceńskich. Utwory te, pochodzenia morskiego, a więc mające w kompleksie sorpcyjnym znaczną ilość jonów sodowych, uczestnicząc w procesie wymiany jonowej z bogatą w jony Ca^{2+} wodą infiltrującą przez wyżejległe utwory, przekazują jej w procesach jonowymiennych część jonów Na^+ . Potwierdzenie takiego przebiegu procesów jonowymiennych wymaga jednak badań kompleksu sorpcyjnego utworów oligoceńskich i utworów wyżejległych. Jest to jednak bardzo prawdopodobny przebieg omawianych zjawisk.

Pozostałe główne kationy wód z utworów oligoceńskich to ważny pod względem zdrowotnym magnez, występujący w małych ilościach, rzędu 3,9–23,5 mg/dm^3 , oraz potas spotykany w stężeniach 5,4–11,3 mg/dm^3 .

Bardzo ważnym składnikiem omawianych wód jest żelazo, gdyż występuje ono w stosunkowo wysokich ilościach rzędu 0,35–14,7, najczęściej 0,5–3,0 mg/dm^3 . Z tego względu woda przeznaczona do celów pitnych wymaga z reguły odżelazienia. Znacznie rzadziej wymaga również odmanganiania.

Ze względu na występujący reżim utleniająco-redukcyjny żelazo w wodach z utworów oligoceńskich występuje jako dwudodatnie (Latour, 1996).

Warto jeszcze zwrócić uwagę na jon amonowy, który jest spotykany w wodach omawianego poziomu w ilości 0,01–1,20 mgN/dm^3 , a duże obszary zajmują wody z zawartością powyżej dopuszczalnych stężeń dla wód pitnych, tj.: 0,5 mgN/dm^3 .

Do wskaźników obniżających jakość wody należy też jej barwa. Według Kazimierskiego i in. (1995) barwa wód, w utworach oligoceńskich w rejonie Warszawy, wynosi od 5 do ok. 100 mg Pt/dm^3 . W Warszawie, w niektórych studniach, stwierdzono wodę o barwie do 35. Woda ze studni na terenie Państwowego Instytutu Geologicznego charakteryzowała się barwą 25 mg Pt/dm^3 , co wraz z wysoką zawartością żelaza (3,2 mg/dm^3) i podwyższoną mętnością było powodem zamknięcia studni jako punktu czerpalnego dla okolicznych mieszkańców.

Chemizm wód w utworach miocenu na terenie oraz w rejonie Warszawy jest podobny do omówionych wód w utworach oligocenu. Z porównania typów chemicznych wód tych poziomów (tab. 2) wynika, że wody w osadach miocenu charakteryzują się niższą mineralizacją ogólną, z wyjątkiem rejonu Pruszkowa–Grodziska Mazowieckiego, oraz mniejszym udziałem jonów Cl^- i Na^+ w ogólnej mineralizacji, przy zwiększonej roli jonów HCO_3^- i Ca^{2+} . Najczęściej stężenia chlorków w wodach poziomu mioceńskiego rejonu Warszawy sięgają kilkunastu mg/dm^3 .

Istotne różnice wykazuje natomiast barwa wód z utworów mioceńskich sięgająca w Warszawie 30–100 mg Pt/dm^3 , a w zachodniej części niecki mazowieckiej przekracza nawet 150 mg Pt/dm^3 .

Lokalnie występująca, nieco podwyższona, barwa wód w poziomie oligoceńskim, wywołana jest najprawdopodobniej dopływem zabarwionych wód z utworów mioceńskich.

Trwałość jakości wód w utworach oligoceńskich w rejonie Warszawy

Do najważniejszych problemów badawczych i praktycznych dotyczących chemizmu wód w utworach oligoceńskich eksploatowanych w rejonie Warszawy, należy niewątpliwie stałość ich składu chemicznego. Teoretycznie wiadomo, że trwająca 100 lat eksploatacja doprowadziła nie tylko do utworzenia rozległego leja depresyjnego, ale niewątpliwie, przynajmniej w obrębie wytworzonej depresji regionalnej w Warszawie, zmieniającej relacje ciśnień hydrostatycznych między wodami w utworach oligocenu i miocenu, musiała doprowadzić do pewnych zmian hydrochemicznych. Wyżej przedstawione fakty wskazują, że zmiany chemizmu wód poziomu oligoceńskiego, wywołane eksploatacją mogą głównie dotyczyć dwóch parametrów jakości:

— zasolenia związanego z ascencją wód słonych z utworów mezozoicznych;

— wzrostu zabarwienia wód w wyniku dopływu wód z utworów mioceńskich.

Ograniczając się jedynie do prześledzenia zmian stężeń chlorków — jako uniwersalnego wskaźnika zasolenia wód, możemy potwierdzić wnioski Jarzabek (1961) i Łodzińskiego (1974) o braku wyraźnych trendów zasolenia w wyniku eksploatacji. Stwierdzamy jednak, że chemizm wód w poszczególnych, nawet stosunkowo blisko położonych stud-

niach ujmujących wody z poziomu oligoceńskiego jest często wyraźnie zróżnicowany, a wahania stężeń poszczególnych składników w pojedynczej studni są też dosyć znaczne (tab. 3). Potwierdza to też wnioski Macioszczyka (1980, 1986, 1996) o dominacji pionowych przepływów w utworach oligoceńskich.

Brak, nawet w centrum leja depresyjnego, ascenzyjnych dopływów wód zasolonych, przy stwierdzeniu występowania regionalnych zróżnicowań chemizmu wód wywołanych niewątpliwie ascenzją, wskazuje z jednej strony na długotrwałość procesów kształtujących chemizm wód, a z drugiej — może wskazywać na występujący obecnie zanik naturalnych procesów ascenzyjnych. Ograniczone do pewnych stref anomalie zasolenia wód w utworach mezozoicznych i trzeciorzędowych mogą więc mieć „charakter reliktowy — związane być mogą z występowaniem reliktywów ascenzji powodowanej ruchami glaciostatyicznymi, które obecnie już zanikły.

Grożba dopływu do wód w utworach oligoceńskich zabarwionych wód z utworów miocenu wynika z następujących przesłanek:

— naturalne zasilanie wód oligoceńskich następuje głównie w wyniku zróżnicowanego przestrzennie przesączania wód z utworów czwartorzędowych i mioceńskich do utworów oligoceńskich (Macioszczyk, 1986; Kazimierski i in., 1995);

— eksploatacja wód z poziomu oligoceńskiego w rejonie Warszawy spowodowała powstanie leja depresyjnego, w obrębie którego mniejsze jest ciśnienie wód w utworach oligoceńskich niż w mioceńskich, a jak wiadomo w sytuacji naturalnej sprzed rozpoczęcia eksploatacji ciśnienie wód w poziomie oligoceńskim było wyższe o ok. 8 m.

Z powyższego wynika, że eksploatacja wód z poziomu oligoceńskiego sprzyja intensyfikacji przesiąkania wód z utworów miocenu do oligocenu. Jest to szczególnie istotne w rejonach, gdzie twory izolujące poziomy mioceński i oligoceński mają małą miąższość i tworzą je mułki bez udziału ilów. Na dużych obszarach miąższość izolującej warstwy wynosi ponad 10 m, a budują ją w znacznej części ily

Pomimo odwrócenia w wyniku eksploatacji relacji ciśnień piezometrycznych między poziomami oligocenu i miocenu, dotychczasowa eksploatacja wód oligoceńskich nie spowodowała wyraźnego dopływu wód zabarwionych z utworów miocenu. W miarę wzrastania różnicy ciśnień zagrożenie dopływu zabarwionych wód z utworów miocenu będzie jednak wzrastało.

Podsumowanie

Na jakość wód w utworach oligoceńskich rejonu Warszawy wpływa szereg współdziałających procesów hydrogeologicznych i hydrogeochemicznych. Chemizm wód jest kształtowany głównie przez powolne zasilanie infiltracyjne zachodzące w skali czasu geologicznego, ograniczoną ascenzję wód z mezozoiku, współdziałanie wód z osadami oligoceńskimi — a więc m. in. zachodzenie procesów jonowymiennych.

Prowadzona z różnym natężeniem, od 100 lat, eksploatacja wód z poziomu oligoceńskiego nie wywołała do tej pory wymiennych, ukierunkowanych zmian jakości wód.

Wody występujące w utworach oligoceńskich rejonu Warszawy wykazują wyraźne, lokalne różnice w chemizmie, nie-

mniej generalnie należą do niskozmineralizowanych wód, przeważnie typu $\text{HCO}_3 - \text{Na}$. Charakteryzują się brakiem zanieczyszczeń bakteriologicznych, wyrównaną niską temperaturą ok. 9°C . Zawierają też zwykle ponadnormatywne ilości żelaza, rzadziej manganu oraz jonów amonowych. Lokalnie wykazują również podwyższoną barwę a niekiedy też mętność. Wymienione cechy wskazują, że wody te wymagają stosowania prostych metod uzdatniania przed skierowaniem ich do zaopatrzenia ludności.

Poligenetyczny charakter chemizmu wód w utworach oligoceńskich, udział w zasilaniu jednostki wód infiltrujących poprzez formację brunatnowęglową oraz wód ascenzyjnie wznoszących się nawet z utworów dolnego mezozoiku, wskazuje na możliwość wystąpienia w niektórych strefach, przy zbyt intensywnej eksploatacji, zagrożeń jakości wód. Manifestować się one mogą wzrostem zasolenia lub zabarwienia eksploatowanej wody. Wynika stąd konieczność prowadzenia regularnego monitoringu jakości wód eksploatowanych.

Literatura

- CHRZANOWSKI A., ŁODZIŃSKI S. & PŁOCHNIEWSKI Z. 1972 — Z badań hydrogeolog. w Polsce, t. 2, Biul. Inst. Geol., 256: 103–128.
- DOWGIAŁŁO J. & NOWICKI Z. 1988 — Występowanie chloru 36 w wodach podziemnych oligocenu niecki mazowieckiej. Mat. IV Ogólnopol. Symp. Aktualne problemy hydrogeologii. Gdańsk.
- JARZĄBEK H. 1961 — Kwart. Geol., 5: 978–979.
- KAZIMIERSKI B., MIANOWSKI Z. & PŁOCHNIEWSKI Z. 1995 — Ocena ciśnienia i jakości wód podziemnych w utworach miocenu na obszarze warszawskiej części niecki mazowieckiej. CAG Państw. Inst. Geol.
- KIRKOR T. 1938 — Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 18: 160–170.
- LATOURET T. 1996 — Prz. Geol., 44: 401–403.
- LEWIŃSKI J. 1921 — Roboty Publiczne, 3:121–144.
- ŁODZIŃSKI S. 1973 — Prz. Geol., 21: 148–151.
- ŁODZIŃSKI S. 1974 — Inst. Geol. Pr. Hydrogeol., ser. spec., 8: 1–59.
- MACIOSZCZYKOWA A. 1979 — Ibidem, 11: 1–227.
- MACIOSZCZYK T. 1980 — System krążenia wód podziemnych niecki mazowieckiej jako podstawa optymalizacji gospodarowania regionalnymi zasobami wód podziemnych środkowej Polski. Mat. Symp. Współczesne problemy hydrogeologii regionalnej. Jachranka. Wyd. Geol.
- MACIOSZCZYK T. 1986 — Biul. Geol., 30: 125–144.
- MACIOSZCZYK T. 1996 — Prz. Geol., 44: 397–400.
- OLEŃSKI W. 1960 — Prz. Geol., 7: 355–360.
- OLEŃSKI W. 1961 — Zasoby wód artezyjskich Warszawy i okolic. Departament Hydrogeologii, CUG. Wyd. Geol.
- Wyniki monitoringu jakości zwykłych wód podziemnych w latach 1991–1993 (sieć krajowa). Wyd. Państw. Insp. Ochr. Środow., Warszawa.
- RYCHEŃSKI B. 1939 — Zdrowie Publiczne, 54: 142–149.
- SAMSONOWICZ J. 1928a — Wszechświat. ser. II, 1/34: 141–147.
- SAMSONOWICZ J. 1928b — Państw. Inst. Geol. Posiedz. Nauk., 19/20: 27–29.
- SAMSONOWICZ J. 1942 — Badania hydrogeologiczne nad poziomami wód artezyjskich w Warszawie. Maszynopis. Bibl. Techn. Wod i Kanal. m. st. W-wy. (Archiwum PIG).